

SEMICONDUCTOR LASER

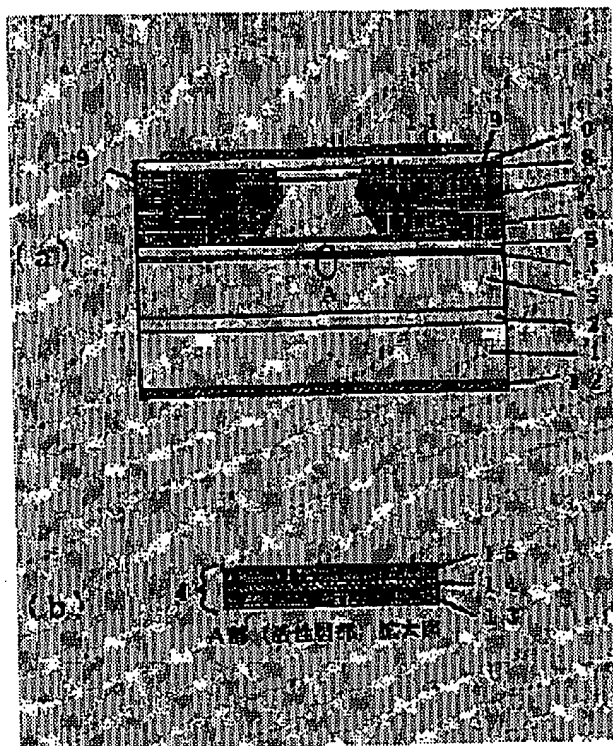
BEST AVAILABLE COPY

Publication number: JP8340147
 Publication date: 1996-12-24
 Inventor: SAGAWA MISUZU; HIRAMOTO KYOHISA; TOYONAKA TAKASHI;
 SHINODA KAZUNORI; UOMI KAZUHISA; AOKI MASAHIRO; SATO
 HIROSHI
 Applicant: HITACHI LTD
 Classification:
 - International: H01S5/00; H01S5/042; H01S5/223; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/18
 - European:
 Application number: JP19950145856 19950613
 Priority number(s): JP19950145856 19950613

Report a data error here

Abstract of JP8340147

PURPOSE: To obtain a semiconductor laser, which does not cause a mode loss in association with a mode conversion and is stable in a transverse mode, by a method wherein the width of a region of a high effective refractive index is changed along the direction of a resonator and the width is changed in a state that a primary differential in the direction of the resonator is continuous in the direction of the resonator and has no inflection point. **CONSTITUTION:** An N-type InGaP current confining layer 9 is selectively grown by an MOVPE method. Then, a wafer is taken out from a growth furnace and an oxide film used as a selective growth mask is etched away. Then, a P-type GaAs contact layer 10 is formed by an MBE method or the like. After a P side electrode 11 and an N side electrode 12 are formed, a laser element having a resonator of a length of about $900\mu\text{m}$ is obtained by a cleavage method. Then, a low-reflective film, which has a thickness of $\lambda/4$ (λ : oscillation wavelength) and consists of an Al₂O₃ film, is formed on the front surface (the side of a V_{ds} (L)) of the element and a high reflective film, which consists of an SiO₂ film and an a-Si film and is formed into a four-layer film, is formed on the rear surface (the side of a V_{ds} (O)) of the element. Then, the element is bonded on a heat sink facing its bonding surface downward.



Data supplied from the esp@comet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

引用文 2

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-340147

(43) 公開日 平成8年(1996)12月24日

(51) Int.Cl.

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

FI

H01S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全8頁)

(21) 出願番号 特願平7-145858
 (22) 出願日 平成7年(1995)6月13日

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
 (72) 発明者 佐川 みすず
 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内
 (72) 発明者 平本 清久
 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内
 (72) 発明者 豊中 隆司
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
 式会社日立製作所光技術開発推進本部内
 (74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

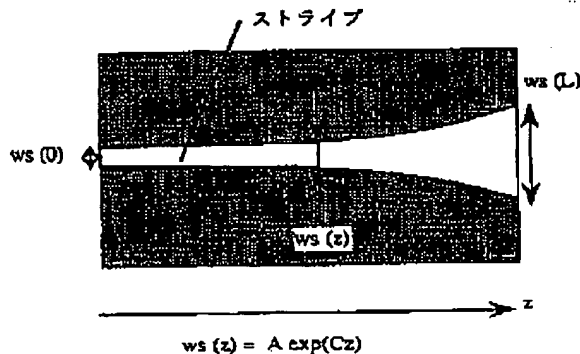
(57) 【要約】

【目的】 本発明は、光通信システム、光情報システムにおける高出力半導体レーザ及び低コスト半導体レーザなどストライプ幅を共振器方向に変化させる構造を有する半導体レーザにおいて、モード交換に伴うモード損失が生じず且つ横モードが安定な半導体レーザを提供することにある。

【構成】 共振器方向に沿って幅が指数関数に従って変化しているストライプ、または共振器方向に沿って幅が指数関数に従って変化し且つ端面近傍では幅が一定であるストライプにより構成されている。

【効果】 本発明により、ストライプ幅を共振器方向に変化させる構造を有する半導体レーザにおいて、モード交換に伴うモード損失が生じず且つ横モードが安定な半導体レーザを実現した。このため、高出力半導体レーザにおいて高信頼化を実現した。さらに、パッシブアライメントが可能な半導体レーザを容易な方法で実現し歩留まり向上、低コスト化を実現した。

図 1



BEST AVAILABLE COPY

特開平8-340147

(2)

2

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込める半導体クラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造と共振器方向に沿ってストライプ状に他の部分よりも実効屈折率の高い領域を有する半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器方向に沿って変化し、且つその幅の共振器方向の1次微分が共振器方向で連続であり変曲点を有さずに変化することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器方向に沿って指数関数に従って変化することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】半導体基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込める半導体クラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造と共振器方向に沿ってストライプ状に他の部分よりも実効屈折率の高い領域を有する半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器方向に沿って指数関数に従って変化し、且つ端面近傍では上記実効屈折率の高い領域の幅が一定であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項4】請求項3に記載の半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が一定である部分の共振器方向に沿った長さが100 μ m以下であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項5】請求項1乃至4のいずれかに記載の半導体レーザ装置を用いた半導体レーザモジュール。

【請求項6】半導体基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込める半導体クラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造と共振器方向に沿ってストライプ状に他の部分よりも実効屈折率の高い領域を有する共振波長0.9 μ mから1.1 μ mの半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器内部で一定で且つ端面では上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器内部よりも広いことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項7】請求項6に記載の半導体レーザ装置において、上記端面における実効屈折率の高い領域の幅が上記共振器内部よりも1 μ m以上広く且つ上記実効屈折率の高い領域の幅が変化する長さが60 μ m以上200 μ m以下であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体レーザの構造に係り、特に、光通信システム、光情報システムにおける高出力半導体レーザ及び低コスト半導体レーザなど、共振器方向にストライプ幅が変化する構造を有する半導体レーザに関する。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】図3にKenji IKEDAらにより報告されたストライプ構造を示す。ストライプ幅は共振器方向に直線的に増加している。ところが、このような方法によりストライプ幅を共振器方向に変化させるとストライプ幅の変化に伴う横モード変換をスムーズに行うことができない。このため、変換時にモード損失が生じたり、また、モード変換不良に起因する活性層水平方向の遠視野像のサイドピーク発生等横モードが不安定となり、実用には不適であった。

き込み用として高出力高信頼半導体レーザが求められている。また、光伝送システムで中継器あるいは受信器に用いられる希土類添加光ファイバ増幅器励起光源として高出力高信頼0.98 μ m帯半導体レーザが盛んに研究されている。さらに、低コスト化を目的としてパッシブアライメントが可能な半導体レーザが研究されている。これらの半導体レーザには安定な基本モードで動作し且つ光出射端面で広い光スポットサイズを有することが要求される。半導体レーザでは共振器方向に実効的に屈折率の高い領域をストライプ状に設けることにより横モード制御を行っている。このストライプと呼ばれる領域の幅は一般的に共振器方向に沿って一定である。ところで、安定な横モード特性を得るためにはこのストライプ幅を狭くする必要がある。一方、広い光スポットを実現するためにはストライプ幅を広くすることが有効な方法である。この2つの相反する要求を満たすために共振器方向にストライプ幅を変化させた構造が報告されている。たとえば、SPIE vol. 893、79ページに記載のKenji IKEDAらによる報告があげられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】図3にKenji IKEDAらにより報告されたストライプ構造を示す。ストライプ幅は共振器方向に直線的に増加している。ところが、このような方法によりストライプ幅を共振器方向に変化させるとストライプ幅の変化に伴う横モード変換をスムーズに行うことができない。このため、変換時にモード損失が生じたり、また、モード変換不良に起因する活性層水平方向の遠視野像のサイドピーク発生等横モードが不安定となり、実用には不適であった。

【0004】本発明は、ストライプ幅を共振器方向に変化させる構造を有する半導体レーザにおいて、モード変換に伴うモード損失が生じず且つ横モードが安定な半導体レーザを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的は、半導体基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込める半導体クラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造と共振器方向に沿ってストライプ状に他の部分よりも実効屈折率の高い領域を有する半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器方向に沿って変化し、且つその幅の共振器方向の1次微分が共振器方向で連続であり変曲点を有さずに変化する半導体レーザ装置において達成される。また、上記目的は、実効屈折率の高い領域の幅を共振器方向に沿って指数関数に従って変化させることにより達成される。さらに、実効屈折率の高い領域の幅が共振器方向に沿って指数関数に従って変化し、且つ端面近傍では上記実効屈折率の高い領域の幅が一定である場合に達成される。特に、この実効屈折率の高い領域の幅が一定である部分が100 μ m以

BEST AVAILABLE COPY

特開平8-340147

(3)

4

3
下である場合に達成される。さらに、上記目的は、これらの半導体レーザ装置を用いた半導体レーザモジュールにおいて効果が著しい。また、上記目的は発振波長0.9 μmから1.1 μmの半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器内部で一定で且つ端面では上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器内部よりも1 μm以上広く且つ上記実効屈折率の高い領域の幅が変化する長さが60 μm以上200 μm以下である場合に達成される。

【0006】

【作用】以下、本発明の作用について説明する。

【0007】はじめに、共振器方向のストライプ幅変化について述べる。まず、高出力高信頼レーザの実現について述べる。高出力動作を制限する主要因はキンクの発生である。キンクはビームシフトまたは高次モードの発振開始により発生する。いずれの場合においても実用上問題となる。これらのキンクは光密度が大きいストライプ中央部のキャリア密度が周辺部と比較して減少することによりストライプ内部の利得分布が周辺部で大きくなるために起こる。従って、キンク発生光出力を増大させるためにはキャリアの拡散長に対して光分布が小さくなるように導波路を形成すればよい。すなわち、ストライプ幅を狭くすることが有効である。一方、高出力動作時の素子劣化原因は端面部における高光密度部の結晶の溶融である。これをCOD (Catastrophic Optical Damage) 劣化と呼ぶ。このCOD劣化を抑制するためには、端面における動作光密度を低減すればよい。すなわち、光スポットサイズを拡大すればよい。このためには、ストライプ幅を広くすることが有効である。このように、高出力高信頼レーザを実現するためには以上で述べた相反する条件を満たさなければならない。このため、高光密度が問題となる前面で広ストライプとし光スポットを広げることにより光密度の低減を図り、光密度が比較的小さい後端面を狭ストライプとすることにより横モードの安定化を図るといった共振器方向にストライプ幅が変化する構造は高出力高信頼レーザを実現するためには有効な方法である。また、横モードをきめる素子内部でストライプ幅を広くすることは別の有効な方法である。このとき、端面部のストライプ幅は素子内部と比較して1 μm以上広くすることにより十分な効果が得られる。次に、低コスト化を目的としたパッシブアライメントが可能な半導体レーザについて述べる。現在、半導体レーザを用いてモジュールを作製する際、光ファイバとアライメントを行うときには軸ずれ許容度が約1 μmと小さいため半導体レーザを動作させながら光軸調整を行う。この工程を省くことにより大幅な低コスト化をはかることができる。すなわち、半導体レーザを動作させることなく光ファイバとのア

のため、軸ずれ許容度を約10 μm程度に大きくする必要がある。半導体レーザに対してはその光出射端面でのスポットサイズを約10 μmにすることが要求される。このためのアプローチとしてリッジ導波路構造を有するレーザについて端面でのストライプ幅を1.5 μm以下と極端に狭くする方法がある。この方法によるとストライプ幅が狭くなることにより光電界分布が大きくストライプの外側にしみ出すため実効的にリッジの外側の低屈折率の部分により光電界分布が大きく基板側に押し出される形となりスポットサイズの拡大を図ることができない。この方法ではストライプ幅が小さい部分では光の活性層への閉じ込め係数が小さくなるため共振器内全てを同一の狭ストライプ構造にするとしきい値電流の上昇を招き、素子特性を劣化させる。したがって、素子の光出射端面ではストライプ幅を狭く、それ以外の部分ではストライプ幅を広くすることが望ましい。以上のように、高出力高信頼レーザ及び低コスト化を目的としたパッシブアライメントが可能な半導体レーザの実現の際に、共振器方向にストライプ幅が変化する構造はきわめて有効であることがわかる。

【0008】次に、高効率で且つモード変換損失無く共振器方向にストライプ幅を変化させる方法について述べる。ストライプ内に導波されている光電界分布 $E(x, y, z)$ は以下の式に従う。

$$【0009】 E(x, y, z) = X(x, z) Y(y) \exp(i(\omega t - \beta z))$$

ここで、 ω は角周波数を、 β は伝搬定数を表している。また、 x, y, z はそれぞれ活性層に水平方向、垂直方向、共振器方向を示している。この式で示すように光電界分布は共振器方向に指数関数で分布していることがわかる。ストライプ幅の変化に帰因した光電界分布の変化は $X(x, z)$ 中に表される。 $X(x, z)$ の z 方向依存性は主にストライプ幅の変化に依存するため、ストライプ幅の変化を指数関数とすることにより共振器方向にモードをなめらかに変化させることができる。

【0010】

【実施例】以下、本発明の実施例を図1～2、4～8を用いて説明する。

【0011】【実施例1】本発明の第1の実施例を図1～2を用いて説明する。本実施例は、本発明を光伝送システムで中継器あるいは受信器に用いられる希土類添加光ファイバ増幅器励起用0.98 μm帯高出力半導体レーザに適用したものである。図1はストライプ構造を、図2(a)は、断面構造を、図2(b)は活性層の拡大図を示している。次に、素子の作製方法について述べる。 n -GaAs基板1上にGaAsバッファ層2、GaAs基板に格子整合した n -InGaPクラッド層3、 $\text{In}(1-x)\text{Ga}(x)\text{As}(y)\text{P}(1-y)$ 障壁層($x=0.82, y=0.63$ 、障壁層厚35 nm)13及び15と $\text{In}(z)\text{Ga}(1-z)\text{As}$ 歪張

BEST AVAILABLE COPY

特開平8-340147

(4)

6

5
子井戸層 ($z=0.16$ 、井戸層厚 7nm) 14 から構成される歪量子井戸活性層 4、GaAs 基板に格子整合した $p\text{-InGaP}$ クラッド層 5、 $p\text{-GaAs}$ 光導波路層 6、GaAs に格子整合した $p\text{-InGaP}$ クラッド層 7、 $p\text{-GaAs}$ キャップ層 8 を MOVPE 法、またはガスソース MBE 法、または CBE 法により順次形成する。次に、酸化膜をマスクに、ホットエッチング工程により図 2 (a) に示すようなリッジを形成する。このときのエッチングはウエット、RIE、RIE、イオンミリング等、方法を問わない。また、マスクとなる酸化膜は図 1 で示した形状をしている。エッチングは $p\text{-GaAs}$ 光導波路層 6 を完全に除去し、且つ歪量子井戸活性層 4 に達しないように $p\text{-InGaP}$ クラッド層 5 の途中で止まるようにする。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を選択成長のマスクとして、図 2

(a) に示すように $n\text{-InGaP}$ 電流狭窄層 9 を MOVPE 法により選択成長する。その後成長炉からウエファを取りだし、選択成長マスクとして用いた酸化膜をエッチングにより除去する。その後、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層 10 を MOVPE 法または MBE 法により形成する。p 側電極 11、n 側電極 12 を形成した後、劈開法により共振器長約 $900\mu\text{m}$ のレーザ素子を得た。この後、素子の前面 ($ws(L)$ 側) に $\lambda/4$ (λ : 共振波長) の厚みの Al_2O_3 による低反射膜を、素子の後面 ($ws(0)$ 側) に SiO_2 と $a\text{-Si}$ からなる 4 層膜による高反射膜を形成した。その後、素子を接合面を下にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子は、しきい値電流約 10mA で室温連続発振し、その発振波長は約 $0.98\mu\text{m}$ であった。また、素子は 600mW まで安定に横単一モード発振した。このときの遠視野像にはサイドピークは見られなかった。また、光出力を増加させても端面劣化は起こらず、最大光出力 800mW は熱飽和により制限された。また、30 素子について環境温度 80°C の条件下で 200mW 定光出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約 250mA であり、全ての素子で 10 万時間以上安定に動作した。

【0012】【実施例 2】本発明の第 2 の実施例を図 4 及び 5 を用いて説明する。本実施例は、光ディスクや光磁気ディスクの書き込み用として用いられる $0.8\mu\text{m}$ 帯高出力半導体レーザに適用したものである。図 4

(a) は、断面構造を、図 4 (b) は活性層の拡大図を、図 5 はストライプ構造を示している。ここで、本実施例の場合、ストライプ幅が一定な領域の長さ (L_c) は $50\mu\text{m}$ である。次に、素子作製方法について述べる。 $n\text{-GaAs}$ 基板 16 上に GaAs パッファ層 17、 $n\text{-Al}(x)\text{Ga}(1-x)$ As クラッド層 ($x=0.5$) 18、 $Al(y)\text{Ga}(1-y)$ As 障壁層 ($y=0.3$ 、障壁層厚 5nm) 28 と $Al(z)\text{Ga}(1-z)$ As 歪量子井戸層 ($z=0.1$ 、井戸層厚 7nm) 29、及び $Al(s)\text{Ga}(1-s)$ As SCH

(Separate Confinement Heterostructure) 層 ($s=0.35$ 、層厚 10nm) 30 とから構成される歪量子井戸活性層 19、 $p\text{-Al}(t)\text{Ga}(1-t)$ As クラッド層 ($t=0.5$) 20、 $p\text{-Al}(u)\text{Ga}(1-u)$ As ビーム拡大層 ($u=0.3$) 21、 $p\text{-Al}(v)\text{Ga}(1-v)$ As クラッド層 ($v=0.55$) 22、 $p\text{-GaAs}$ キャップ層 23 を MOVPE 法、または MBE 法により順次形成する。次に、酸化膜をマスクに、ホットエッチング工程により図 4 (a) に示すようなリッジを形成する。このときのエッチングはウエット、RIE、RIE、イオンミリング等、方法を問わない。また、マスクとなる酸化膜は図 5 で示した形状をしている。エッチングは $p\text{-Al}(u)\text{Ga}(1-u)$ As ビーム拡大層 ($u=0.3$) 21 を完全に除去し、且つ歪量子井戸活性層 19 に達しないように $p\text{-Al}(t)\text{Ga}(1-t)$ As クラッド層 ($t=0.5$) 20 の途中で止まるようにする。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を選択成長のマスクとして、図 4 (a) に示すように $n\text{-GaAs}$ 電流狭窄層 24 を MOVPE 法により選択成長する。その後成長炉からウエファを取りだし、選択成長マスクとして用いた酸化膜をエッチングにより除去する。その後、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層 25 を MOVPE 法または MBE 法により形成する。p 側電極 26、n 側電極 27 を形成した後、劈開法により共振器長約 $600\mu\text{m}$ のレーザ素子を得た。この後、素子の前面 ($ws(L)$ 側) に $\lambda/4$ (λ : 共振波長) の厚みの SiO_2 による低反射膜を、素子の後面 ($ws(0)$ 側) に SiO_2 と $a\text{-Si}$ からなる 4 層膜による高反射膜を形成した。その後、素子を接合面を上にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子は、しきい値電流約 14mA で室温連続発振し、その発振波長は約 $0.78\mu\text{m}$ であった。また、素子は 300mW まで安定に横単一モード発振した。また、最大光出力として 500mW 以上の光出力を得た。また、30 素子について環境温度 80°C の条件下で 150mW 定光出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約 200mA であり、全ての素子で 5 万時間以上安定に動作した。

【0013】【実施例 3】本発明の第 3 の実施例を図 1、6 を用いて説明する。本実施例は、低コスト化を目的としたパッシブアライメントが可能な $1.3\mu\text{m}$ 帯半導体レーザに適用したものである。図 6 は、断面構造を、また、図 1 はストライプ構造を示す。次に、素子作製方法について述べる。 $n\text{-(100)InP}$ 基板 31 上に $n\text{-InGaAsP}$ 層 (組成波長 $1.10\mu\text{m}$ 、層厚 $0.05\mu\text{m}$) と $n\text{-InP}$ 層 (層厚 $0.05\mu\text{m}$) の 10 周期の超格子構造補助導波路層 32、 $n\text{-InP}$ スペーサ層 33、 InGaAsP 井戸層 (組成波長 $1.37\mu\text{m}$ 、井戸層厚 6nm) と InGaAsP 障壁層 (組成波長 $1.10\mu\text{m}$ 、障壁層厚 8nm) からなる 7